

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Н.Л. Агеев, магистрант, И.О. Гончаров, магистрант
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск, Россия
Nik04@sibmail.com

Приоритетной задачей является долгосрочное обеспечение надежного, качественного и доступного энергоснабжения потребителей РФ за счет организации максимально эффективной и соответствующей мировым стандартам инфраструктуры по тарифам, обеспечивающим приемлемый уровень затрат на электроэнергию для российской экономики и инвестиционную привлекательность отрасли через адекватный возврат на капитал.

Отсутствие необходимых инвестиций в ЭСК (электросетевой комплекс) в последние 20 лет привело к значительному физическому и технологическому устареванию сетей. Доля распределительных сетей, выработавших свой нормативный срок, составила 50%. 7% сетей выработало два нормативных срока. Общий износ распределительных сетей достиг 70%. Ситуация с износом магистральных сетей (ОАО "ФСК ЕЭС") незначительно лучше - износ составляет 50%. В общем, состояние электросетевых активов в России значительно хуже, чем в других крупных странах, где показатель износа составляет 27-44%. К тому же, современное оборудование, обеспечивающее высокую надежность и снижение операционных затрат, пока не достаточно широко используется в российском ЭСК. [1]

В распределительных электрических сетях к техническим проблемам относятся:

- потери энергии и мощности (нагрузочные потери; условно-постоянные потери; потери, зависящие от погодных условий);
- устойчивость передачи, в значительной степени связанная с величиной транспортного угла;
- контроль напряжения и рост напряжения при отсутствии нагрузки;
- подсинхронный резонанс, который может привести к выходу из строя генераторных установок электростанций;
- снижение ресурса энергетического оборудования в связи с ускоренным его износом;
- увеличение погрешности приборов измерения электрических величин и учета электроэнергии;
- сбой систем автоматики и релейной защиты;
- отключение или выход из строя конденсаторных установок вследствие явлений резонанса на высших гармониках;
- повышение уровня.

Технологические потери электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям ТСО, ФСК и МСК рассчитываются отдельно по составляющим: условно-постоянные, нагрузочные и потери, обусловленные допустимыми погрешностями системы учета.

Условно-постоянные потери электроэнергии на регулируемый период принимаются по результатам их расчетов за базовый период и корректируются в соответствии с изменением состава оборудования на регулируемый период. [2]

Условно-постоянные потери электроэнергии включают:

- потери на холостой ход силовых трансформаторов (автотрансформаторов);
- потери на корону в воздушных линиях (далее - ВЛ) 110 кВ и выше;
- потери в синхронных компенсаторах, батареях статических конденсаторов, - статических тиристорных компенсаторах, шунтирующих реакторах (далее - ШР);
- потери в соединительных проводах и сборных шинах распределительных устройств подстанций (далее - СППС); потери в системе учета электроэнергии (трансформаторах тока (далее - ТТ), трансформаторах напряжения (далее - ТН), счетчиках и соединительных проводах);

- потери в вентильных разрядниках, ограничителях перенапряжений;
- потери в устройствах присоединений высокочастотной связи (далее - ВЧ связи);
- потери в изоляции кабелей;
- потери от токов утечки по изоляторам ВЛ;
- расход электроэнергии на собственные нужды подстанций (далее - СН);
- расход электроэнергии на плавку гололеда. [3]

Нагрузочные потери зависят от объема транспортируемой энергии и прямо пропорциональны квадрату тока, протекающему по элементам сети. Составляющие нагрузочных потерь входят:

- реактивная мощность у потребителей;
- недогрузка трансформаторов;
- перегрузка ЛЭП;
- низкое напряжение распределительных сетей.

Помимо технологической составляющей потерь ЭЭ (электроэнергии) при ее передаче, существуют определенные проблемы при осуществлении технологического процесса в электрических сетях. К таким проблемам можно отнести:

- 1) увеличение площадей, занимаемых электросетями;
- 2) разобщенность распределительного электросетевого комплекса;
- 3) большой удельный вес сетей низкого напряжения;
- 4) неэффективная работа ЭС (электрической сети);
- 5) качество ЭЭ.

Увеличение площадей, занимаемых электросетями. Согласно положению ОАО «РОССЕТИ» о единой технической политике в электросетевом комплексе от 2013 г. одной из задач Единой технической политики в электросетевом комплексе является сокращения площадей, занимаемых объектами электросетевого хозяйства. Главными объектами электросетевого комплекса занимающими наибольшую площадь являются подстанции (10-110 кВ) и КТП (10/0,4 кВ).

Сокращение площади КТП становится все более актуальной проблемой. Повышение нагрузки на электросети в городских условиях и модернизация старых ПС (например, с 35 до 110 кВ) требует использования более компактной компоновки оборудования, когда увеличение занимаемой КТП площади невозможно или не рационально. [4]

Сократить площадь КТП поможет применение компактных распределительных устройств – СОМПАСТ, PASS, COMPASS. Собранный в заводских условиях ячейка ОРУ PASS, включает внутри себя объем элегаза, в котором и находятся все аппараты устройства. Также одним из вариантов сокращения площади подстанций может быть использование жесткой ошиновки, которая позволит сократить землеотвод для строительства ПС, отказаться от шинных порталов (которые требуют дополнительных площадей под опоры и удорожают строительство объекта) и сократить расстояние между ячейками. [5]

Еще одним из способов уменьшения площади занимаемой ПС является установка разъединителей пантографного типа.

Разобщенность распределительного электросетевого комплекса. Сегодня распределительные сети имеют множество собственников: сетевые компании (в структуре ОАО «Холдинг МРСК»), муниципальные структуры (предприятия городских электрических сетей), ведомственные структуры (газораспределительные, нефтяные и другие компании) и частные с отсутствием консолидированных интересов, что не может не сказываться на работе распределительного электросетевого комплекса. Технический уровень сетей и эффективность их функционирования резко различаются. Эксплуатация происходит в нескоординированном нормативно-техническом поле, фактически без проведения единой технической и технологической политики в сетях.

Большой удельный вес сетей средних напряжений. Как известно потери мощности для трансформатора и для линии обратно пропорциональны квадрату напряжения. Данный факт позволяет в несколько раз сократить потери активной мощности. Так суммарные

потери мощности в сетях промышленных предприятий составляют 8-12% и если к цехам подвести напряжение 6(10) кВ вместо 0,38 кВ, то потери станут ниже в 250 раз при переходе на 6 кВ и в 700 раз при переходе на 10 кВ, согласно формулам (1, 2) [7]

$$n_{6/0.38} = \frac{\Delta P_{0.38}}{\Delta P_6} = \frac{6^2}{0.38^2} = 250; \quad (1)$$

$$n_{10/0.38} = \frac{\Delta P_{0.38}}{\Delta P_{10}} = \frac{10^2}{0.38^2} \approx 700. \quad (2)$$

Неэффективная работа ЭС. К одному из видов технологических проблем можно отнести работу ЭС в целом. Ведь на технологический процесс распределения электроэнергии влияет много факторов, таких как:

- режимы ЭС;
- энергонезэффективное устаревшее оборудование и приборы учета;
- отсутствие весомых стимулов снижения потерь;
- человеческий фактор.

Качество ЭЭ. Строительство новых линий электропередачи связано со значительными затратами и часто попросту невозможно по причинам экологического характера. Поэтому приходится увеличивать мощность энергии, передаваемой по существующим линиям, в основном за счет увеличения силы тока. Это достижимо только при следующих условиях:

- отсутствие тепловых ограничений;
- наличие надежного управления распределением потоков энергии между линиями, питающими определенную местность.

При соблюдении этих условий можно производить повышение передаваемой мощности в режиме максимальной надежности, оставаясь в пределах допустимой устойчивости, т.е. при значениях транспортного угла, не превышающих 40°.

Для управления величиной транспортного угла используются различные устройства, например, поперечные (шунтирующие) компенсаторы и продольные компенсаторы, фазосдвигающий трансформатор. Регулирование угла сдвига фаз обеспечиваемого фазосдвигающим трансформатором позволяет управлять передаваемой активной мощностью. Если величина и фаза продольного напряжения таковы, что при поддержании такого же напряжения на выходе модуля оно уменьшает величину сдвига фаз по отношению к входу. [9]

Отклонение напряжения. Изменения напряжения можно разделить на две группы: изменения при передаче и изменения, связанные с использованием электроэнергии. При распределении ЭЭ важное значение имеют два аспекта:

- удовлетворение требований по качеству в точке подключения;
- непрерывность электроснабжения, т.е. отсутствие отключений и посадок напряжения.

В настоящее время имеется возможность установки оборудования, которое способно предотвратить или заметно ослабить отклонения напряжения. Очевидно, что в рассматриваемых типичных случаях в качестве средства ликвидации или компенсации отклонений используют накопители энергии в какой-либо форме: реактивной, активной или одновременно обеих.

Все отклонения напряжения можно разделить на две категории: внешние возмущения и внутрисетевые возмущения.

Внешние возмущения. Из-за значительной протяженности воздушные линии электропередачи подвержены воздействию атмосферных явлений. Различные виды разрядов атмосферного электричества (молний) являются причинами различных типов возмущений, бросков, посадок сетевого напряжения, полного прекращения подачи электроэнергии. Длительность и степень возмущений зависят от структуры сети и времени, необходимого на ее реконфигурацию.

Другие виды возмущений возникают в процессе управления сетью, при сбросах или неожиданных нарастаниях нагрузки. Хотя последний вид возмущений достаточно редок, поскольку обычно крупные нагрузки подключаются к сети постепенно. Это не относится к внезапным сбросам нагрузки, которые зачастую являются следствием аварий. [9]

Внутрисетевые источники возмущений. К внутрисетевым источниками возмущений относят: резонанс, неустойчивость при передаче, феррорезонанс, коммутации, повреждения «фаза/земля».

Резонанс. Сюда относятся характерные для данной сети колебания или колебания, возникающие между различными элементами сети, например, фильтрами. Разумеется, для их предотвращения принимаются все возможные меры, но они могут временно возникать при изменениях конфигурации сети.

Неустойчивость при передаче. Наиболее часто она связана с углом передачи δ (угол между поперечной ЭДС и напряжением, или транспортный угол). Возможно также возникновение подсинхронных колебаний, что может оказать катастрофическое воздействие на силовые генераторы электростанций.

Феррорезонанс. Нелинейные колебания, возникающие при насыщении силовых или измерительных трансформаторов.

Коммутации. Перенапряжения возникают вследствие подключения или отключения элементов сети, фильтров, конденсаторных батарей или трансформаторов. [9]

ЭСК России имеет значительный потенциал повышения эффективности, надежности и качества электроснабжения за счет внедрения современных технологий. В настоящее время уровень теленаблюдаемости и телеуправления процессами в целом по распределительным сетям составляет менее 20%. В результате практически во всех компаниях отсутствует достоверная информация о фактическом состоянии оборудования по результатам инструментальных исследований. Локализация мест повреждений линий осуществляется выездными бригадами и занимает иногда часы.

Список литературы:

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 апреля 2013 г. №511-р
2. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. N 326 С изменениями и дополнениями от: 1 февраля 2010 г
3. Приказ от 14 мая 2012 года «Об утверждении Инструкции по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям»
4. Завод Кристалл [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.zavodkristall.com/news/19/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Иприм-Энергия [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://iprim-energy.ru/publications/391/>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Энерго-Каскад [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.energokaskad.com/889/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Климова Г.Н. Энергосбережение на промышленных предприятиях: учебное пособие/ Г.Н. Климова.–Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 186с.
8. Кудрявый В.В. Техническая эффективность применения самонесущих изолированных проводов // Электро.- 2007.-№4.- С.15-17
9. Жак Куро. Современные технологии повышения качества электроэнергии при её передаче и распределении // Новости электротехники.-2005.-№1(31).– С.5